

【書類名】 特許願

【整理番号】 P2000095

【提出日】 平成12年10月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B60C 19/00  
G06F 17/50

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社 平塚  
製造所内

【氏名】 加部 和幸

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社 平塚  
製造所内

【氏名】 森川 庸雄

【特許出願人】

【識別番号】 000006714

【氏名又は名称】 横浜ゴム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100066865

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 信一

【選任した代理人】

【識別番号】 100066854

【弁理士】

【氏名又は名称】 野口 賢照

【選任した代理人】

【識別番号】 100066865

【弁理士】

【氏名又は名称】 斎下 和彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002912

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ゴム複合体の設計方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ゴム複合体の形状と該ゴム複合体を構成する各パーツ (i) の形状及び各パーツ (i) に使用するゴム材料物性をそれぞれ仮選定した後、前記ゴム複合体を多数の有限な要素に分割すると共に、有限要素法により各要素中の歪を計算して各パーツ (i) における要素中の最大主歪  $(\varepsilon_i)_{\max}$  を求め、前記ゴム材料の破断歪  $(\varepsilon_i)_b$  の前記最大主歪  $(\varepsilon_i)_{\max}$  に対する比として計算される余裕率  $S_{ia}$  が、全てのパーツ (i) について所定の基準余裕率  $S_0$  と同等以上になるまで、前記ゴム複合体と各パーツ (i) の形状及びゴム材料物性の仮選定と有限要素法の計算とを繰り返すことにより、これらゴム複合体と各パーツ (i) の形状及びゴム材料物性を決定するゴム複合体の設計方法。

【請求項 2】 ゴム複合体の形状と該ゴム複合体を構成する各パーツ (i) の形状及び各パーツ (i) に使用するゴム材料物性をそれぞれ仮選定した後、前記ゴム複合体を多数の有限な要素に分割すると共に、有限要素法により各要素中の応力を計算して各パーツ (i) における要素中の最大主応力  $(\sigma_i)_{\max}$  を求め、前記ゴム材料の破断応力  $(\sigma_i)_b$  の前記最大主応力  $(\sigma_i)_{\max}$  に対する比として計算される余裕率  $S_{ib}$  が、全てのパーツ (i) について所定の基準余裕率  $S_0$  と同等以上になるまで、前記ゴム複合体と各パーツ (i) の形状及びゴム材料物性の仮選定と有限要素法の計算とを繰り返すことにより、これらゴム複合体と各パーツ (i) の形状及びゴム材料物性を決定するゴム複合体の設計方法。

【請求項 3】 ゴム複合体の形状と該ゴム複合体を構成する各パーツ (i) の形状及び各パーツ (i) に使用するゴム材料物性をそれぞれ仮選定した後、前記ゴム複合体を多数の有限な要素に分割すると共に、有限要素法により各要素中の歪エネルギーを計算して各パーツ (i) における要素中の最大歪エネルギー密度  $(\Pi_i)_{\max}$  を求め、前記ゴム材料の破断歪エネルギー密度  $(\Pi_i)_b$  の前記最大歪エネルギー密度  $(\Pi_i)_{\max}$  に対する比の平方根として計算される余裕率  $S_{ic}$  が、全てのパーツ (i) について所定の基準余裕率  $S_0$  と同等以上になるまで、前記ゴム複合体と各パーツ (i) の形状及びゴム材料物性の仮選定と有限要

素法の計算とを繰り返すことにより、これらゴム複合体と各パーツ（ $i$ ）の形状及びゴム材料物性を決定するゴム複合体の設計方法。

【請求項 4】 前記ゴム複合体が空気入りタイヤである請求項 1、2 又は 3 に記載のゴム複合体の設計方法。

【請求項 5】 前記基準余裕率  $S_0$  を 9 ～ 3 0 の範囲から設定する請求項 1、2、3 又は 4 に記載のゴム複合体の設計方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は空気入りタイヤ等のゴム複合体の設計方法に関し、さらに詳しくは、特に有限要素法を用いて耐久性に優れたゴム複合体を設計する場合、その形状とゴム材料物性及び補強材物性を効率よく選定することにより設計で予測した通りの耐久性が得られるようにするゴム複合体の設計方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、空気入りタイヤ等の設計方法において、有限要素法（Finite Element Method；以下、単に F E M と略称する）を用いて耐久性のシミュレーションを行うことはよく知られている。特に、バス、トラック用の重荷重用空気入りタイヤや軽トラック用の空気入りタイヤの設計では、タイヤの耐久性を評価する手法として確立されつつある。

【0 0 0 3】

しかし、従来の F E M を用いた空気入りタイヤの設計方法では、単に空気入りタイヤに空気圧とリムを設定して所望の縦荷重を加え、各要素に発生する歪、応力又は歪エネルギーなどの大小を比較検討するだけであったため、タイヤ形状や各パーツの形状の仮選定及びゴム材料物性の仮選定と、それに基づく有限要素法の計算をトライ・アンド・エラーを繰り返して、比較的歪、応力、歪エネルギーなどが小さくなる形状やゴム材料物性を選定するというものであった。

【0 0 0 4】

しかしながら、上記設計方法によると、計算上から歪、応力又は歪エネルギー

が最も大きくなった箇所に故障が起これと予測したにもかかわらず、実際の走行試験の結果からは、それよりも歪、応力、歪エネルギーが低いと計算された箇所に故障が発生するようなことがあり、必ずしもシミュレーション結果と一致しないということがあった。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、上述した従来の問題を解消し、F E Mによる耐久性のシミュレーション結果と現実の使用試験から得られる耐久性とが一致するようにするゴム複合体の設計方法を提供することにある。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、それぞれ下記（１），（２），（３）の設計方法からなることを特徴とし、これら設計方法のうちの一つ或いは二以上を組合せることにより上記目的を達成できるようにものである。

【 0 0 0 7 】

（１）ゴム複合体の形状と該ゴム複合体を構成する各パーツ（ $i$ ）の形状及び各パーツ（ $i$ ）に使用するゴム材料物性をそれぞれ仮選定した後、前記ゴム複合体を多数の有限な要素に分割すると共に、有限要素法により各要素中の歪を計算して各パーツ（ $i$ ）における要素中の最大主歪  $(\varepsilon_i)_{\max}$  を求め、前記ゴム材料の破断歪  $(\varepsilon_i)_b$  の前記最大主歪  $(\varepsilon_i)_{\max}$  に対する比として計算される余裕率  $S_{ia}$  が、全てのパーツ（ $i$ ）について所定の基準余裕率  $S_0$  と同等以上になるまで、前記ゴム複合体と各パーツ（ $i$ ）の形状及びゴム材料物性の仮選定と有限要素法の計算とを繰り返すことにより、これらゴム複合体と各パーツ（ $i$ ）の形状及びゴム材料物性を決定するゴム複合体の設計方法。

【 0 0 0 8 】

（２）ゴム複合体の形状と該ゴム複合体を構成する各パーツ（ $i$ ）の形状及び各パーツ（ $i$ ）に使用するゴム材料物性をそれぞれ仮選定した後、前記ゴム複合体を多数の有限な要素に分割すると共に、有限要素法により各要素中の応力を計算して各パーツ（ $i$ ）における要素中の最大主応力  $(\sigma_i)_{\max}$  を求め、前記ゴ

ム材料の破断応力  $(\sigma_i)_b$  の前記最大主応力  $(\sigma_i)_{\max}$  に対する比として計算される余裕率  $S_{ib}$  が、全てのパーツ (i) について所定の基準余裕率  $S_0$  と同等以上になるまで、前記ゴム複合体と各パーツ (i) の形状及びゴム材料物性の仮選定と有限要素法の計算とを繰り返すことにより、これらゴム複合体と各パーツ (i) の形状及びゴム材料物性を決定するゴム複合体の設計方法。

## 【 0 0 0 9 】

(3) ゴム複合体の形状と該ゴム複合体を構成する各パーツ (i) の形状及び各パーツ (i) に使用するゴム材料物性をそれぞれ仮選定した後、前記ゴム複合体を多数の有限な要素に分割すると共に、有限要素法により各要素中の歪エネルギーを計算して各パーツにおける要素中の最大歪エネルギー密度  $(\Pi_i)_{\max}$  を求め、前記ゴム材料の破断歪エネルギー密度  $(\Pi_i)_b$  の前記最大歪エネルギー密度  $(\Pi_i)_{\max}$  に対する比の平方根として計算される余裕率  $S_{ic}$  が、全てのパーツ (i) について所定の基準余裕率  $S_0$  と同等以上になるまで、前記ゴム複合体と各パーツ (i) の形状及びゴム材料物性の仮選定と有限要素法の計算とを繰り返すことにより、これらゴム複合体と各パーツ (i) の形状及びゴム材料物性を決定するゴム複合体の設計方法。

## 【 0 0 1 0 】

本発明は、上記のように単に最大主歪、最大主応力或いは最大歪エネルギー密度などの大小を比較するだけで、ゴム複合体や各パーツの形状、ゴム材料物性を決定するのではなく、余裕率の概念を採り入れることにより、ゴム材料の破断歪  $(\varepsilon_i)_b$  の最大主歪  $(\varepsilon_i)_{\max}$  に対する比として計算される余裕率  $S_{ia}$ 、又は 破断応力  $(\sigma_i)_b$  の最大主応力  $(\sigma_i)_{\max}$  に対する比として計算される余裕率  $S_{ic}$ 、又は 破断歪エネルギー密度  $(\Pi_i)_b$  の最大歪エネルギー密度  $(\Pi_i)_{\max}$  に対する比の平方根として計算される余裕率  $S_{ib}$  が、いずれも所定の基準余裕率  $S_0$  と同等以上になるように、ゴム複合体や各パーツの形状、ゴム材料物性を決定するようにしているので、FEMによる耐久性のシミュレーション結果と現実の使用試験による耐久性とを一致させることができ、FEMによるシミュレーションの精度を向上することができる。

## 【 0 0 1 1 】

## 【発明の実施の形態】

本発明において「ゴム複合体」とは、有機繊維コード、スチールコードなどの補強材で強化されたゴム成形品をいい、代表例として、例えば空気入りタイヤ、ゴムホース、コンベヤベルトなどを例示することができる。

## 【0012】

有限要素法（FEM）は、前述したように空気入りタイヤの設計において、耐久性のシミュレーションによく用いられている手法であり、ゴム複合体を有限要素と呼ばれる多数の有限個の要素に分割し、これら各要素毎に特性を与えることによって系全体をコンピュータを使用して数値解析するようにした手法である。なお、タイヤ等の構造解析に有限要素法を用いた文献としては、例えば「有限要素解析」〔日本ゴム協会誌、第62巻、第4号、P204(1989)〕等がある。また、特開平11-153520号公報にもタイヤ性能を予測する上でのFEMによる解析システムが示されている。

## 【0013】

また、主歪とは、上記有限個の各要素に生じた垂直歪み $\varepsilon$ と剪断歪み $\gamma$ を、三次元座標 $x$ 、 $y$ 、 $z$ でそれぞれ6個の歪み成分 $\varepsilon_x$ 、 $\varepsilon_y$ 、 $\varepsilon_z$ 、 $\gamma_{xy}$ 、 $\gamma_{yz}$ 、 $\gamma_{xz}$ で表したとき、これら6成分を合成したときの歪のことをいう。また、各パーツに含まれる複数の有限要素にそれぞれ生ずる主歪のうち、最大値を示す主歪を最大主歪という。

## 【0014】

主応力とは、同じく各有限要素に生じた垂直応力 $\sigma$ と剪断応力 $\tau$ を、三次元座標 $x$ 、 $y$ 、 $z$ でそれぞれ6個の応力成分 $\sigma_x$ 、 $\sigma_y$ 、 $\sigma_z$ 、 $\tau_{xy}$ 、 $\tau_{yz}$ 、 $\tau_{xz}$ で表したとき、これら6成分を合成したときの応力のことをいう。また、各パーツに含まれる複数の有限要素にそれぞれ生ずる主応力のうち、最大値を示す主応力を最大主応力という。

## 【0015】

歪エネルギー密度とは、応力 $\sigma$ を縦軸、歪み $\varepsilon$ を横軸にとって応力-歪み曲線（S-S曲線）を描いたとき、そのS-S曲線と横軸とに囲まれた面積で表された量をいう。破断歪エネルギー密度は、破断点（ $\varepsilon_b$ ）までのS-S曲線に囲ま

れた面積の量をいう。また、最大歪エネルギー密度は、シミュレーション上の結果よりタイヤ回転中の各要素の最大の歪エネルギー密度をいう。

【 0 0 1 6 】

以下、本発明を空気入りラジアルタイヤの設計において、歪に関して実施する場合を、図 1 のフローチャートを参照して説明する。

【 0 0 1 7 】

まず、スタートしてから、ステップ 1 0 で目的とするタイヤ形状及びそのタイヤを構成する各パーツの形状を仮選定する。次いで、ステップ 1 1 で、各パーツに使用するゴム材料物性を仮選定する。タイヤ形状は、主要な骨格部分は重荷重用であるか、乗用車用であるかなどの用途に応じて略経験的に決まっているので、それらを参考にして仮選定される。各パーツの形状は、耐久性の観点からトレッド部のベルトエッジにおける形状やカーカスターンアップにおける形状選定が、ゴム材料物性と共に工夫を要することになる。

【 0 0 1 8 】

上記のようにそれぞれタイヤの形状や各パーツの形状の仮選定、ゴム材料物性の仮選定が済むと、ステップ 1 2 の F E M による計算を実施する。F E M 計算は、上記ステップ 1 0, 1 1 で仮選定した形状のタイヤを、各パーツ毎に、例えば図 2 のように有限個の多数の要素  $e_i$  に分割し、分割された要素がそれぞれ 3 次元座標  $x - y - z$  を用いて相互の位置関係が逐一特定できるようにする。このように分割された各要素毎に、形状データ、材料データ、境界データ、荷重データの各条件を与え、それぞれ主歪みを計算する。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、所定荷重下に転動するタイヤを、接地時の負荷を受けた状態を実線のタイヤ T で、また接地から 1 8 0 度回転して接地負荷が解除された状態を破線のタイヤ T' で示したものである。F E M 計算は、このように形態が変形するタイヤの各パーツ ( i ) において、上記のように複数に分割された各要素  $e_i$  毎に、それぞれの要素における形状データ、材料データ、境界データ、荷重データを入力して主歪を計算するのである。

【 0 0 2 0 】

ゴム材料物性は、例えば図 3 のような応力-歪曲線を有しており、新品時の特性は曲線 A であるが、一定期間使用して劣化すると曲線 A' のように変化する。本発明の設計では、基本的には新品時の特性（曲線 A）が採用される。ただし、後述するように、劣化時の曲線 A' を利用することも可能である。

【 0 0 2 1 】

補強部材（カーカス層、ベルト層等）については、一般的に複合材料理論で評価される。詳細については、例えば「最近の F R R の力学とその応用」〔日本ゴム協会誌、第 6 1 巻、第 3 号、P.187(1988) 〕を参照することができる。

【 0 0 2 2 】

複数の有限要素  $e_i$  の主歪の計算が済むと、次にステップ 1 3 により各パーツ (i) における要素中の最大主歪  $(\varepsilon_i)_{\max}$  が求められ、さらにステップ 1 4 により、各最大主歪  $(\varepsilon_i)_{\max}$  の余裕率  $S_{ia}$  が計算される。余裕率  $S_{ia}$  は、上記ステップ 1 1 で各パーツ (i) に仮選定されたゴム材料の破断歪  $(\varepsilon_i)_b$  との比として、

$$S_{ia} = (\varepsilon_i)_b / (\varepsilon_i)_{\max} \quad \dots \quad \textcircled{1}$$

の式から計算される。

【 0 0 2 3 】

次いで、ステップ 1 5 において、予め設定しておいた基準余裕率  $S_0$  との比較を行い、上記①式から求められた余裕率  $S_{ia}$  が、基準余裕率  $S_0$  よりも小さいとき ( $S_{ia} < S_0$ ) には、再びステップ 1 0 に戻り、 $S_{ia}$  と  $S_0$  の関係を逆転できそうなタイヤ形状、各パーツの形状を更めて仮選定する。同様に、ステップ 1 1 で各パーツ (i) のゴム材料物性を再度仮選定する。しかる後、これら再度仮選定したデータを基に、再びステップ 1 2 の F E M 計算を行い、ステップ 1 3 により、上記 F E M 計算から求めた各パーツの要素中から最大主歪  $(\varepsilon_i)_{\max}$  を求め、ステップ 1 4 による余裕率  $S_{ia}$  を求め、その余裕率  $S_{ia}$  をステップ 1 5 により再び基準余裕率  $S_0$  と比較する。

【 0 0 2 4 】

そして、上記余裕率  $S_{ia}$  の計算結果が  $S_{ia} \geq S_0$  の関係を満足するようになるまで、ステップ 1 0, 1 1, 1 2, 1 3, 1 4, 1 5 を繰り返すようにする。

操作は  $S_{ia} \geq S_0$  を満足した時点で初めて終結し、その終結時におけるタイヤ形状、各パーツ形状およびゴム材料物性を、目的のタイヤ形状、各パーツ形状およびゴム材料物性として決定する。

## 【 0 0 2 5 】

上述した余裕率  $S_{ia}$  の計算は、タイヤを構成している全パーツについて実施するが、空気入りラジアルタイヤにおいては、特にベルトエッジ部のゴム材料及びカーカス折返し端部付近のゴム材料が故障しやすいことが経験的にわかっているので、これらの箇所を重点的に行うようにすることが好ましい。

## 【 0 0 2 6 】

また、タイヤの或るパーツで余裕率が十分大きい場合には、この部分の余裕率を下げ、その回りのパーツの余裕率を高くするように調整することにより、タイヤ全体として余裕率が一樣になるようにすれば、効率的な設計を行うことができる。

## 【 0 0 2 7 】

本発明において、基準余裕率  $S_0$  の大きさは特に限定されるものではないが、好ましくは 9 ～ 3 0 の範囲で設定するのがよい。基準余裕率  $S_0$  が 9 よりも低くてもは耐久性に不安があり、また 3 0 を超えるほどに大きくても、トレッドの摩耗限界からタイヤ寿命に達するので意味がない。さらに好ましく、乗用車用空気入りタイヤの場合の基準余裕率  $S_0$  は 9 ～ 3 0 の範囲に、また重荷重用空気入りタイヤの場合の基準余裕率  $S_0$  は 1 2 ～ 3 0 の範囲に設定するとよい。

## 【 0 0 2 8 】

剛性構造体等の設計においては、本発明で採用した余裕率に近似する概念として安全率がある。しかし、安全率は、材料力学上で歪－応力曲線（ $S - S$  曲線）がリニア（直線的）に変化する鋼材等の剛性構造体に採用されているが、ゴム材料のように  $S - S$  曲線が図 3 のようにリニアでない材料には一般的には適用されていなかった。

## 【 0 0 2 9 】

そこで本発明者らは、種々検討の結果、以下のような考えに基づいてゴム材料に余裕率の概念を採り入れるに至った。

## 【 0 0 3 0 】

すなわち、空気入りタイヤ等のゴム複合体で外力を支える強度メンバーは、主として S - S 曲線がリニアなスチールコードや有機繊維コードなどの補強材であり、S - S 曲線が非リニアで剛性の低いゴム材料は強度メンバーとして安定した機能を発揮するのではなく、専ら補強材の間に介在して補強材を補完すると共に、タイヤ内に空気を保持する役目をするようにしている。このことから、本発明者らは、前述したように F E M 計算による耐久性のシミュレーション結果と実際の走行試験による耐久性の結果とが往々にして一致しないことがあることに着目し、ゴム材料に余裕率の概念を導入することにより、F E M のシミュレーション結果と実走による結果との一致を図り、精度の高い F E M によるゴム製品の設計を可能にしたのである。

## 【 0 0 3 1 】

図 1 の実施形態では、ゴム材料の歪を基にしてタイヤ耐久性のシミュレーションをする場合について説明したが、本発明は歪に替えて、タイヤ内に発生する応力や歪エネルギー密度に基づいて、耐久性のシミュレーションをするようにしてもよい。

## 【 0 0 3 2 】

すなわち、図 1 において、ステップ 1 3 で求める最大主歪に代えて、最大主応力  $(\sigma_i)_{\max}$  及び／又は最大歪エネルギー密度  $(\Pi_i)_{\max}$  を求めるようにし、この最大主応力  $(\sigma_i)_{\max}$  とゴム材料自身の破断応力  $(\sigma_i)_b$  から、及び／又は最大歪エネルギー密度  $(\Pi_i)_{\max}$  とゴム材料自身の破断歪エネルギー密度  $(\Pi_i)_b$  から、ステップ 1 4 において計算する余裕率  $S_{ic}$ 、 $S_{ib}$  を、それぞれ次の②式及び／又は③式から求めるようにするのである。

## 【 0 0 3 3 】

$$S_{ib} = (\sigma_i)_b / (\sigma_i)_{\max} \quad \dots \quad ②$$

$$S_{ic} = \sqrt{[(\Pi_i)_b / (\Pi_i)_{\max}]} \quad \dots \quad ③$$

なお、ここ歪エネルギー密度  $\Pi$  については、歪  $\varepsilon$  との間に

$$\Pi = (1/2) E \cdot \varepsilon^2 \quad \dots \quad ④$$

の関係があるので、歪エネルギー密度の余裕率  $S_{ic}$  としては、最大歪エネルギー

密度  $(\Pi_i)_{\max}$  に対する破断歪エネルギー密度  $(\Pi_i)_b$  の比の平方根を使用するものとする。

## 【 0 0 3 4 】

そして、上記のようにして計算された余裕率  $S_{ib}$  や  $S_{ic}$  が、それぞれ基準余裕率  $S_0$  に対して、 $S_{ib} \geq S_0$  及び  $S_{ic} \geq S_0$  の関係を満足するようになるまで、ステップ 10, 11, 12, 13, 14, 15 の操作を繰り返し、上記関係を満足するようになったときのタイヤ形状、各パーツ形状およびゴム材料物性を、目的とするものに最終決定するのである。

## 【 0 0 3 5 】

本発明において、応力に基づく余裕率  $S_{ib}$  や歪エネルギー密度に基づく余裕率  $S_{ic}$  の評価は、それぞれ単独で解析を行うことによってタイヤ形状、各パーツ形状およびゴム材料物性を決定してもよく、或いは前述した歪に基づく余裕率  $S_{ia}$  と組み合わせて決定するようにしてもよい。

## 【 0 0 3 6 】

また、ゴム材料は、鋼材等とは異なり、図 3 に示すように、使用により経時的に劣化し、 $S-S$  曲線が新品時の曲線 A から曲線 A' に変化することにより、破断歪  $\varepsilon_b$  は  $\varepsilon_b'$  と小さくなり、また破断歪エネルギー密度も  $\Pi_b$  から  $\Pi_b'$  に減少するという特性がある。応力  $\sigma$  の場合も同様であり、新品時の破断応力  $\sigma_b$  が  $\sigma_b'$  と小さくなる。このようなゴム特性を踏まえ、前述した本発明の歪、応力及び／又は歪エネルギーに基づく余裕率の評価を、多種類のゴム材料について一定期間後に経時劣化した  $S-S$  曲線 A' を予め求めておき、入力データとして曲線 A' の歪及び／又は歪エネルギーを使用した余裕率の評価を加えるようにしてもよい。

## 【 0 0 3 7 】

このように新品時のゴム特性に加えて、経時劣化した曲線 A' に基づく余裕率の評価を加えることにより、より精度の高い FEM によるタイヤ設計を可能にすることができる。

## 【 0 0 3 8 】

以上は、ゴム複合体が空気入りタイヤである場合の設計法について説明したが

、本発明はゴムホース、コンベヤベルトなど、他のゴム複合体の設計にも適用することができる。

【 0 0 3 9 】

【実施例】

下記仕様の重荷重用空気入りラジアルタイヤを、下記の 2 通りの手順により歪に関する余裕率  $S_{ia}$  を計算して設計を行った。

【 0 0 4 0 】

仕様：

タイヤサイズ； 1 0 0 0 R 2 0 1 6 P R

リム： 7 . 5 0 V X 2 0

空気圧： 7 2 5 Kpa

荷重： 2 0 0 0 Kg

手順：

タイヤの形状と該タイヤを構成する各パーツ ( i ) の形状の仮選定と、各パーツ ( i ) に使用するゴム材料物性の仮選定とを行った後、前記タイヤを多数の有限要素に分割し、有限要素法により各要素中のゴム材料の歪を計算し、各パーツ ( i ) における要素の中の最大主歪  $(\epsilon_i)_{\max}$  を求め、上記で選定したゴム材料の破断歪  $(\epsilon_i)_b$  の最大主歪  $(\epsilon_i)_{\max}$  に対する比である余裕率  $S_{ia}$  を計算したところ、ベルトエッジ部分は 1 0 であり、カーカスターンナップ部分は 1 5 であった ( 比較例 ) 。

【 0 0 4 1 】

これに対して、基準余裕率  $S_0$  を 1 2 に設定し、上記操作によるベルトエッジ部分の余裕率  $S_{ia}$  が、基準余裕率  $S_0$  の 1 2 を超えるようになるまで引き続き繰り返してタイヤを設計した ( 実施例 ) 。

【 0 0 4 2 】

実車試験及び結果：

上記設計の比較例タイヤと実施例タイヤとをそれぞれ 5 本ずつ製作し、それぞれ 1 0 トン平ボデー車両に 8 0 % 積載質量で高速道路走行 2 0 % を含む一般舗装路を走行させ、更正を行なうまで走行させた。

【 0 0 4 3 】

比較例タイヤと実施例タイヤのベルトエッジ部分とカーカスターンナップ部分を剥離評価したところ、比較例タイヤについては、ベルトエッジ部分に5本全てのタイヤに剥離故障を発見した。しかし、実施例タイヤでは、5本とも剥離故障が発見されなかった。

【 0 0 4 4 】

【発明の効果】

上述したように本発明によれば、余裕率の概念を導入することにより、ゴム材料の破断歪 ( $\varepsilon_i$ )<sub>b</sub> の最大主歪 ( $\varepsilon_i$ )<sub>max</sub> に対する比として計算される余裕率  $S_{ia}$ 、又は破断応力 ( $\sigma_i$ )<sub>b</sub> の前記最大主応力 ( $\sigma_i$ )<sub>max</sub> に対する比として計算される余裕率  $S_{ic}$ 、又は破断歪エネルギー密度 ( $\Pi_i$ )<sub>b</sub> の前記最大歪エネルギー密度 ( $\Pi_i$ )<sub>max</sub> に対する比の平方根として計算される余裕率  $S_{ib}$  が、いずれも所定の基準余裕率  $S_0$  と同等以上になるようにゴム複合体の形状、各パーツの形状、ゴム材料物性などを決定するようにしているので、FEMによる耐久性シミュレーションの結果と現実の使用試験による耐久性とを一致させることができ、FEMによるシミュレーションの精度を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明のゴム複合体の設計方法の一例を示すフローチャートである。

【図 2】

多数の有限要素に分割した空気入りタイヤが接地した状態と、非接地状態とを合わせて図示した有限要素のモデル図である。

【図 3】

ゴム材料の応力-歪曲線の一例を示すグラフである。

【符号の説明】

T 接地時の空気入りタイヤ

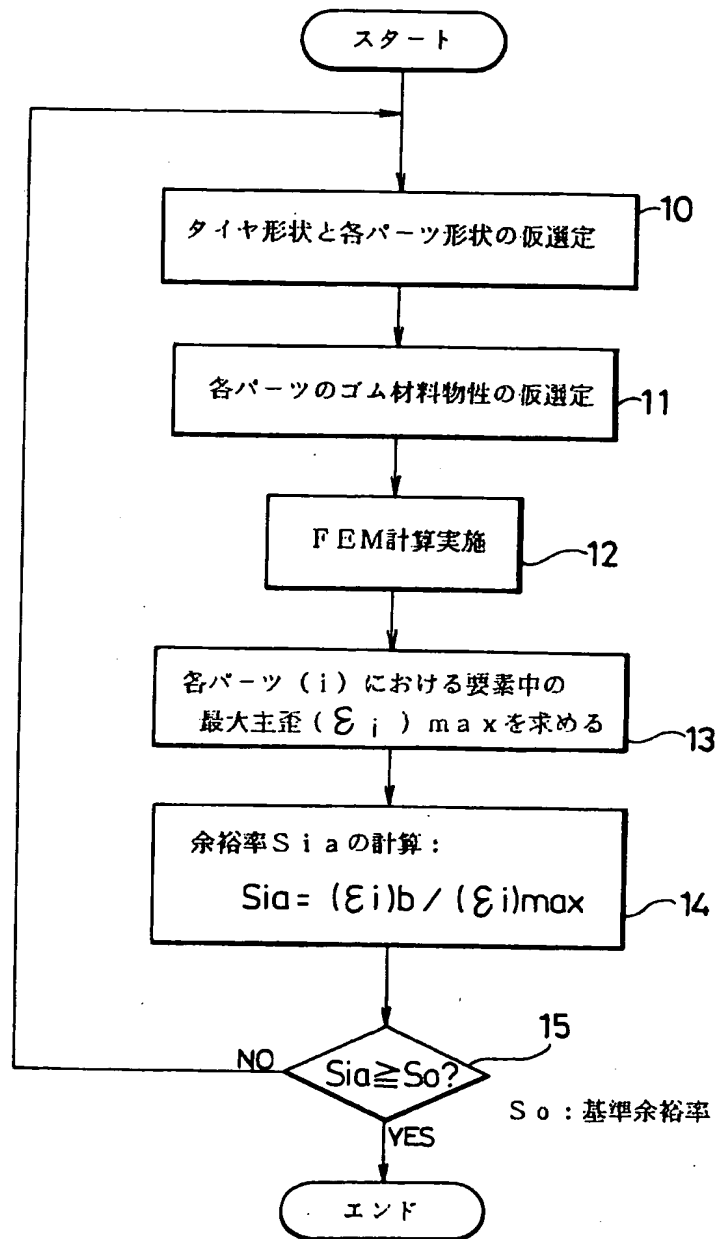
T' 接地から180度回転した位置での空気入りタイヤ

$e_i$  有限要素

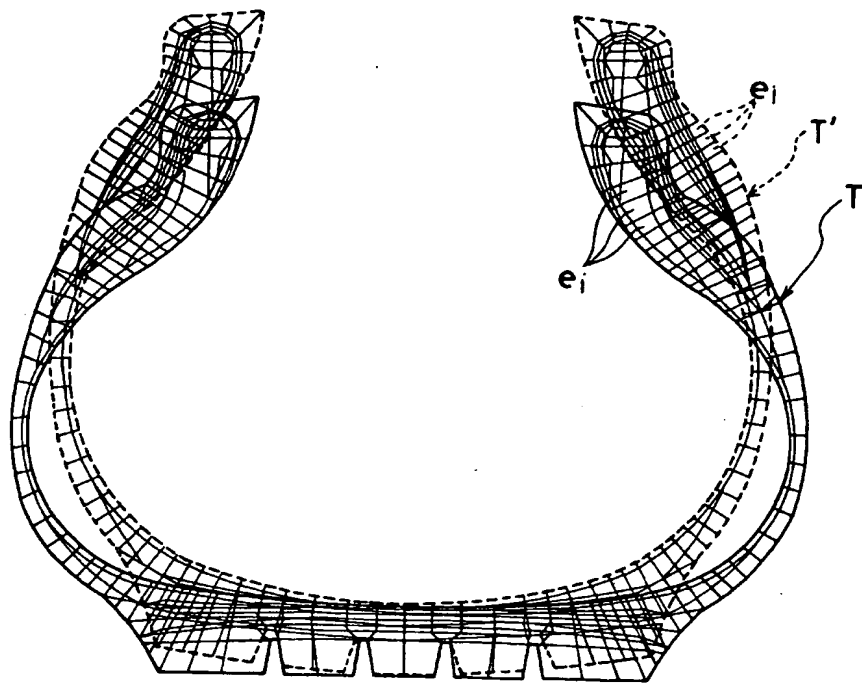
【書類名】

図面

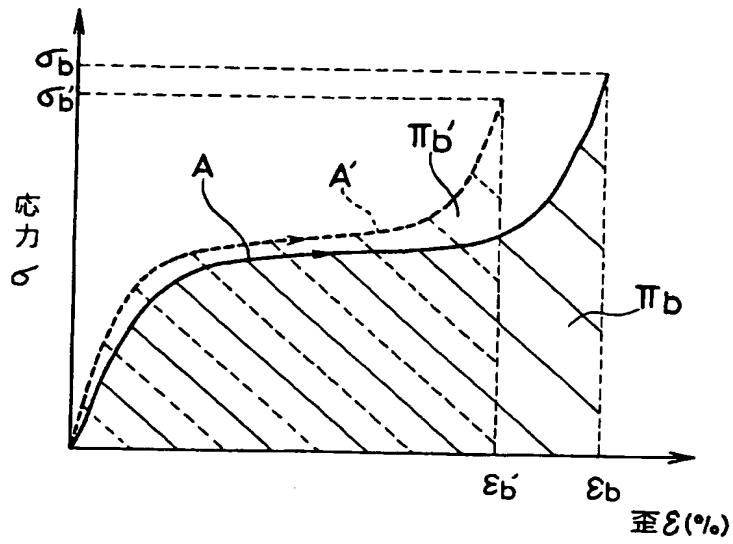
【図 1】



【図 2】



【図3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 F E Mによる耐久性シミュレーション結果と現実の使用試験から得られる耐久性とが一致するようにするゴム複合体の設計方法を提供する。

【解決手段】 ゴム複合体の形状と該ゴム複合体を構成する各パーツ ( i ) の形状の仮選定及び各パーツ ( i ) に使用するゴム材料物性の仮選定とを行った後、ゴム複合体を多数の有限要素に分割すると共に、有限要素法により各要素中の歪を計算して各パーツ ( i ) における要素中の最大主歪  $(\varepsilon_i)_{\max}$  を求め、ゴム材料の破断歪  $(\varepsilon_i)_b$  の最大主歪  $(\varepsilon_i)_{\max}$  に対する比からなる余裕率  $S_{ia}$  が、全てのパーツについて所定の基準余裕率  $S_0$  と同等以上になるまで上記操作を繰り返して、ゴム複合体と各パーツ ( i ) の形状及びゴム材料物性を決定する設計法である。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006714]

1. 変更年月日 1990年 8月 7日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都港区新橋5丁目36番11号  
氏 名 横浜ゴム株式会社



Creation date: 05-15-2004  
Indexing Officer: TBERHE - TEDROS BERHE  
Team: OIPEScanning  
Dossier: 09973758

Legal Date: 11-28-2001

No.	Doccode	Number of pages
1	CTMS	1

Total number of pages: 1

Remarks:

Order of re-scan issued on .....